

**TUGAS AKHIR**

**STUDY *BUCKLING* DAN MELAKUKAN  
SIMULASI DENGAN *SOFTWARE* BERBASIS  
METODE ELEMEN HINGGA**



**Disusun :**

**MUHAMMAD SUTRISNO**

**NIM : D200060041**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
SEPTEMBER 2011**

## **HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa judul tugas akhir :

### **STUDY *BUCKLING* DAN MELAKUKAN SIMULASI DENGAN SOFTWARE BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA**

yang saya buat pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau Instansi manapun, kecuali bagian tertentu yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, September 2011

Yang menyatakan,

**Muhammad Sutrisno**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Study *Buckling* Dan Melakukan Simulasi Dengan *Software* Berbasis Metode Elemen Hingga**", telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Muhammad Sutrisno

NIM : D 200 060 041

Disetujui pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

**Dr. Supriyono.**

**Wijianto, ST. M.Eng.Sc.**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Study *Buckling* Dan Melakukan Simulasi Dengan *Software* Berbasis Metode Elemen Hingga**", telah dipertahankan di hadapan Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Muhammad Sutrisno

NIM : D 200 060 041

Disetujui pada :

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji :

Ketua : Dr. Supriyono. (.....)

Anggota 1 : Wijianto, ST. M.Eng.Sc. (.....)

Anggota 2 : Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT.(.....)

Dekan

Ketua Jurusan

**Ir. Agus Riyanto, MT.**

**Ir. Sartono Putro, MT.**

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nomor 01948/A.3-II/FT/TM/TA/VI/ 2010. Tanggal 18 Juni 2010.

dengan ini :

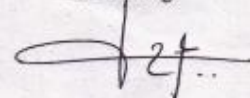
Nama : Dr. Supriyono  
Pangkat/Jabatan : Lektor  
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua \*)  
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : MUHAMMAD SUTRISNO  
Nomor Induk : D 200 060 041  
NIRM :  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir  
Judul/Topik : MELAKUKAN STUDI TENTANG BUCKLING DAN MELAKUKAN SIMULASI DENGAN  
Rincian Soal/Tugas : SOFTWARE BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 18 Juni 2010.

Pembimbing



Dr. Supriyono

Cc. : Wijiarto, ST, M. Eng. Sc  
Lektor

Keterangan :

\*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajar

2. Warna kuning untuk Pembimbing I

3. Warna merah untuk Pembimbing II

4. Warna putih untuk mahasiswa

## MOTTO

*“Hai orang-orang mukmin, jika kamu menolong (agama) Allah, niscaya dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu.” (QS. Muhammad (47): 7)*

*“Dan orang-orang yang berjihad untuk (mencari keridhaan) kami, benar-benar akan kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan kami. dan Sesungguhnya Allah benar-benar beserta orang-orang yang berbuat baik.” (QS. Al ‘Ankabut (29): 69)*

*“Barang siapa berjalan di suatu jalan untuk menuntut ilmu maka Allah akan mempermudah jalan ke surga.” (H. R. Muslim)*

*”Kenyataan hari ini adalah mimpi masa lalu, mimpi hari ini adalah kenyataan masa yang akan datang.” (Hasan Al Banna)*

*“Perbaiki Diri Gapai Ridho Illahi”*

## ABSTRAKSI

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh rangka dengan beberapa elemen terhadap tegangan yang terjadi pada proses Buckling dan mengetahui pengaruh rangka dengan elemen 1440 dengan mendapataka beban yang berbeda-beda terhadap tegangan-regangan*

*Metode penelitian yang digunakan berupa pengujian buckling/tekuk berupa simulasi dengan software berbasis metode elemen hingga. Bentuk benda yang didesain terdiri dari clamp berdimensi (30x30) mm<sup>2</sup> dan rangka/batang berdimensi (90x4x4) mm<sup>3</sup>. Pada rangka/batang variasi jumlah mesh/elemen 440, 670, 780, 900, 1312 dan 1440 dengan beban 10 Pa dan waktu 1 second. Kemudian pengujian dengan bervariasi pembeban 10, 15, 20, 25 dan 30 Pa dengan mesh/elemen 1440 dan waktu 1 second. Sebagai pertimbangan ketelitian, spesifikasi data material dari bahan Mild Steel dengan Density materiala 7850 kg/m<sup>3</sup>, Modulus Elastisitas (E) 206.8 Pa, Poisson Ratio (v) 0.3.*

*Hasil yang diperoleh pada nilai tegangan tertinggi sebagai berikut: Mesh 440 =  $9.424 \times 10^{11}$  Pa, mesh 670 =  $1.014 \times 10^{12}$  pa, mesh 780 =  $1.226 \times 10^{12}$  Pa, mesh 900 =  $1.315 \times 10^{12}$  Pa, mesh 1312 =  $1.266 \times 10^{12}$  Pa dan mesh 1440 =  $1.065 \times 10^{12}$  Pa. Sedangkan untuk hasil pengujian dengan berbagai pembebanan, hasil tegangan tertingginya sebagai berikut: Beban 10 Pa =  $1.065 \times 10^{12}$  Pa, beban 15 Pa =  $2.185 \times 10^{12}$  Pa, beban 20 Pa =  $5.101 \times 10^{12}$  Pa, beban 25 Pa =  $5.317 \times 10^{12}$  Pa dan beban 30 Pa =  $7.626 \times 10^{12}$  Pa.*

**Kata kunci : *Buckling*, Tegangan dan Metode Elemen Hingga.**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini adalah hasil dari perjuangan panjang yang dilalui dengan penuh kesabaran, ketekunan dan do'a sehingga karya ini menjadi sebuah karya yang bermakna.

Karya ini kupersembahkan kepada:

- ❖ Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan hidayah-Nya.
- ❖ Bapak dan Ibu tercinta atas pengorbanan, kasih sayang, dan do'anya.
- ❖ Adikku tercinta yang selalu memberikan semangat.
- ❖ Rekan-rekan Teknik Mesin 2006.



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir berjudul "**Study *Buckling* Dan Melakukan Simulasi Dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga**", dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Agus Riyanto, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Sartono Putro, MT. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Dr. Supriyono. sebagai Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
4. Wijianto, ST, M.Eng.Sc..sebagai Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
5. Ir. Ngafwan, MT. sebagai Pembimbing Akademik yang telah memberi arahan dan saran.

6. Seluruh Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah menyampaikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis untuk meraih masa depan.
7. Seluruh Staff dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini.
8. Bapak dan Ibu tercinta, yang tiada hentinya memberikan do'a dan kasih sayang yang tulus serta motivasi yang tak ternilai kepada penulis.
9. Adikku tercinta yang selalu memberikan semangat dan do'a.
10. Seluruh teman–teman Teknik Mesin 2006
11. Semua pihak yang telah membantu, semoga Allah membalas kebaikanmu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, September 2011

**Penulis**

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pernyataan Keaslian Skripsi .....	ii
Lembar Persetujuan .....	iii
Lembar Pengesahan .....	iv
Lembar Soal Tugas Akhir .....	v
Halaman Motto .....	vi
Abstrak .....	vii
Halaman Persembahan .....	viii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi .....	xi
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Tabel .....	xv
Daftar Grafik .....	xvi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b>	
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.2. Landasan Teori .....	6
2.2.1. <i>Buckling</i> (Tekuk) .....	6
a. <i>Buckling</i> (Tekuk) .....	6
b. Analisa <i>Buckling</i> .....	8

2.2.2. Tumbukan ( <i>Impact</i> ).....	14
2.2.3. Pendekatan dengan Metode Elemen Hingga .....	15
2.2.4. Teori Tegangan dan Regangan .....	16
1. Tegangan. ....	16
2. Regangan.....	17
3. Deformasi .....	19
2.2.5. Metode Elemen Hingga .....	21
1. Tegangan Bidang .....	22
2. Regangan Bidang.....	24
a. Elemen Satu Dimensi (garis) .....	26
b. Elemen Dua Dimensi.....	27
c. Elemen Tiga Dimensi.....	27
2.2.6 Studi Konvergensi Dengan Variasi Jumlah Elemen	28

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Gambaran Permasalahan.....	29
3.1.1. Pemodelan Pengujian.....	29
1. Rangka .....	29
2. Clamp 1 dan 2 .....	30
3. Assembly .....	31
3.2. Diagram Alir Analisa dengan finite Element Method (FEM)	32

### **BAB IV HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN**

4.1. Visualisasi Proses <i>Buckling</i> (Tekuk).....	33
4.2. Simulasi Buckling pada Rangka dengan Elemen/Mesh 440, 670, 780, 900, 1312 dan 1440 .....	34
4.2.1. Rangka dengan jumlah elemen 440 .....	35
4.2.2. Rangka dengan jumlah elemen 670 .....	36
4.2.3. Rangka dengan jumlah elemen 780.....	36
4.2.4. Rangka dengan jumlah elemen 900.....	37
4.2.5. Rangka dengan jumlah elemen 1312.....	38

4.2.6. Rangka dengan jumlah elemen 1440 .....	39
4.3. Visualisai Proses Buckling pada Rangka Elemen 1440	
dengan Beban 10, 15, 20, 25 dan 30 Pa .....	41
4.3.1. Simulasi Buckling pada Rangka Elemen 1440 dengan	
beban 10 Pa .....	41
4.3.2. Simulasi Buckling pada Rangka Elemen 1440 dengan	
beban 15 Pa .....	43
4.3.3 Simulasi Buckling pada Rangka Elemen 1440 dengan	
beban 20 Pa .....	45
4.3.4. Simulasi Buckling pada Rangka Elemen 1440 dengan	
beban 25 Pa .....	46
4.3.5. Simulasi Buckling pada Rangka Elemen 1440 dengan	
beban 30 Pa .....	48

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	52

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Batang yang tertekuk akibat gaya aksial.....	8
Gambar 2.2. Kolom pendek gagal karena kegagalan material .....	9
Gambar 2.3. Kolom panjang gagal karena ketidakstabilan .....	11
Gambar 2.4. Panjang efektif dengan beberapa tumpuan .....	12
Gambar 2.5. Mesh Metode Elemen Hingga .....	15
Gambar 2.6. Bentuk Eksperimen .....	15
Gambar 2.7. Diagram Tegangan-Regangan.....	20
Gambar 2.8. Elemen garis .....	27
Gambar 2.9. Elemen dua dimensi.....	27
Gambar 2.10. Elemen tiga dimensi.....	28
Gambar 3.1. Bentuk dan dimensi rangka.....	29
Gambar 3.2. Bentuk dan ukuran Clamp 1 dan 2.....	31
Gambar 3.3. Assembly bentuk pengujian .....	31
Gambar 3.4. Diagram aliran analisa dengan FEM .....	32
Gambar 4.1. (a) Model Buckling kondisi awal .....	33
(b) Model Buckling setelah ditekan Clamp pada Rangka .....	33
Gambar 4.2. Visualisasi distribusi tegangan elemen 440 .....	35
Gambar 4.3. Visualisasi distribusi tegangan elemen 670 .....	36
Gambar 4.4. Visualisasi distribusi tegangan elemen 780 .....	37
Gambar 4.5. Visualisasi distribusi tegangan elemen 900 .....	38
Gambar 4.6. Visualisasi distribusi tegangan elemen 1312 .....	39
Gambar 4.7. Visualisasi distribusi tegangan elemen 1440 .....	40
Gambar 4.8. Rangka mengalami tekukan dengan beban 10 Pa.....	42
Gambar 4.9. Rangka mengalami tekukan dengan beban 15 Pa.....	44
Gambar 4.10. Rangka mengalami tekukan dengan beban 20 Pa.....	45
Gambar 4.11. Rangka mengalami tekukan dengan beban 25 Pa.....	47
Gambar 4.12. Rangka mengalami tekukan dengan beban 30 Pa.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data plastisitas materila rangka .....	4
Tabel 2.1. Perbandingan hasil eksperimen dengan program ABAQUS	16
Tabel 3.1. Data plastisitas materila rangka .....	30
Tabel 4.1. Tegangan maksimal dan minimal pada Buckling (Tekuk) ...	40

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Hubungan antara tegangan dengan jumlah elemen.....	41
Grafik 4.2. Hubungan antara tegangan-regangan pembebanan 10 Pa	43
Grafik 4.3. Hubungan antara tegangan-regangan pembebanan 15 Pa	44
Grafik 4.4. Hubungan antara tegangan-regangan pembebanan 20 Pa	46
Grafik 4.5. Hubungan antara tegangan-regangan pembebanan 25 Pa	48
Grafik 4.6. Hubungan antara tegangan-regangan pembebanan 30 Pa	49